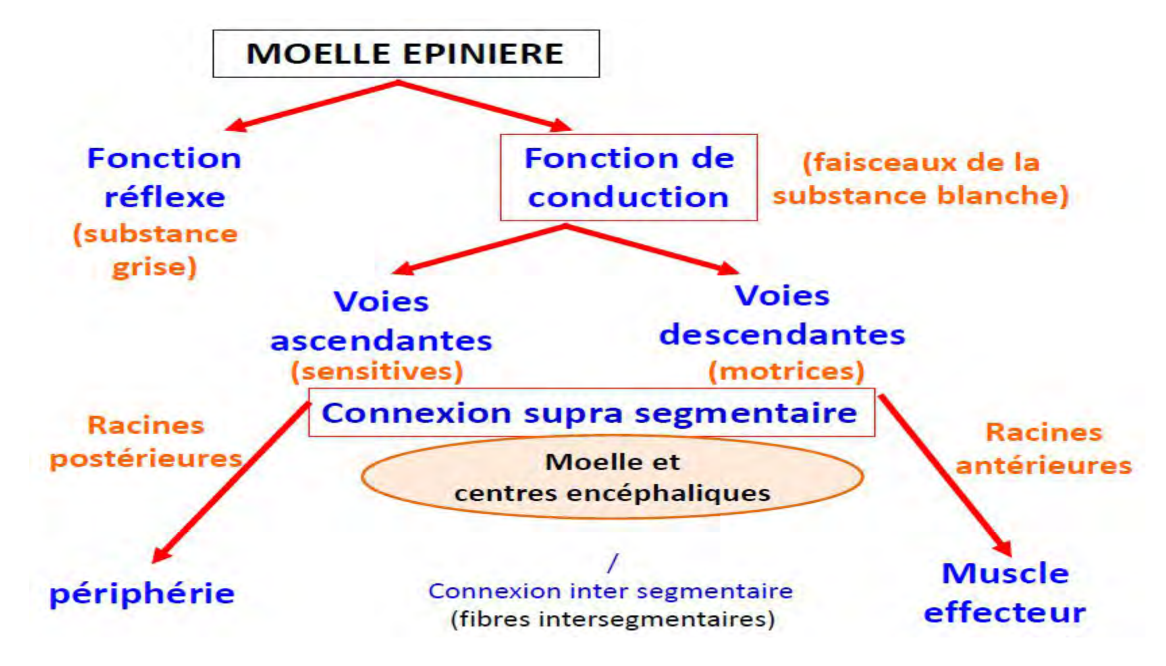
Fonctions de conduction de la moelle

1/Introduction :



2/Systématisation de la moelle :

Coupe transversale de la moelle épinière :

- Partie centrale en forme de H ----->**substance grise** (formée de somas neuronaux, de dendrites, terminaisons axonales, et de processus gliaux)

- Partie périphérique ------>**la substance blanche** (formée essentiellement de fibres, ascendantes et descendantes, myélinisées et non myélinisées ainsi que de cellules gliales).

Organisation de la substance grise de la moelle : Plan transversal, elle est subdivisée en 3 régions :

-la corne dorsale

-la région intermédiaire } 3 régions subdivisées en 10 couches par **REXED**

-la corne ventrale

- La corne dorsale : couches **I--->VI**

- La région intermédiaire : couche **VII**

- La corne ventrale : couches **VIII** et **IX**

- Couche **X** : substance grise entourant canal épendymaire

Ces couches se différencient par leurs structures anatomiques et leurs fonctions.

La substance blanche de la moelle épinière :

La substance blanche de la moelle épinière comprend des neurofibres myélinisées, plus nombreuses d'où la couleur blanche, et des neurofibres amyéliniques.
On y distingue des neurofibres transversales (commissures), et principalement des neurofibres verticales qui peuvent être ascendantes, orientées vers les centres supérieurs de l'encéphale, descendantes provenant de l'encéphale en direction de la moelle ou encore des fibres verticales d'association inter-segmentaires.

Elle est divisée en 3 **paires de cordons** ou funiculus :
Le cordon postérieur, le cordon latéral et le cordon antérieur. Dans ces cordons se trouvent tous les faisceaux nerveux moteurs et sensitifs en transit dans la moelle.

Faisceau propre ou fondamental : c'est une mince couche de substance blanche située à la périphérie de la substance grise, contenant les fibres verticales d'association inter-segmentaires. Celles-ci s'articulent principalement avec les interneurones de la lame VII.

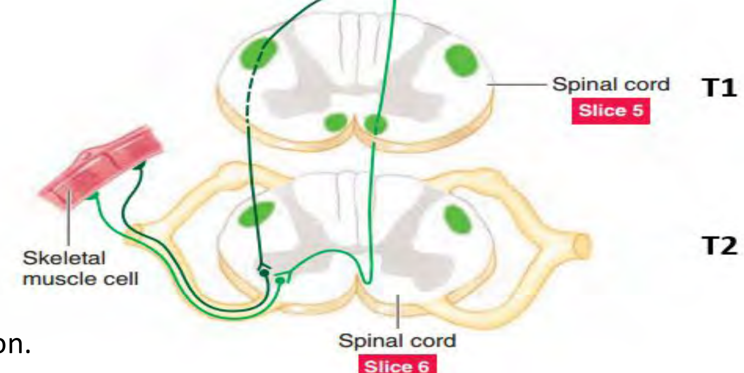
3/Méthodes d'étude :

1.Méthodes anatomiques classiques :

- **Méthode de dégénérescence secondaire :** Sachant que tout prolongement nerveux séparé du corps du neurone dont il dépend dégénère, alors qu'il reste vivant dans le cas contraire, cette méthode appliquée aux cordons médullaires permet de situer leurs somas.

On sectionne transversalement la moelle entre les traçons T1 et T2, on aura donc deux cas de figure :

- Une fibre dégénère dans le tronçon T2, son soma est donc craniale par rapport à la section.
- Une fibre dégénère dans le tronçon T1, son soma est caudale par rapport à la section.



- **Méthode de dégénérescence rétrograde :** Cette méthode permet de repérer le corps cellulaire d'une fibre nerveuse et donc l'origine de la voie. Lorsqu'un neurone a été amputé d'une portion de son axone, son péricaryon subit des altérations, notamment au niveau des corps de Nissl.

- **Méthode des boutons de dégénérescence :** Lorsqu'un axone a été coupé, les processus dégénératifs les plus précoces affectent ses extrémités, au niveau des

boutons synaptiques. En quelquesheures ceux-ci se renflent en boutons cytologiquement repérables.

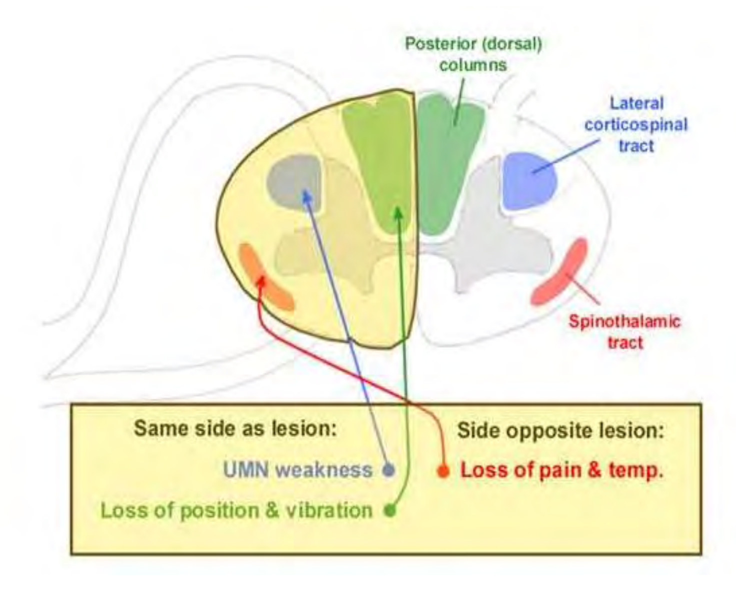
Cette méthode permet de préciser la terminaison des fibres et de déterminer les corps de neurones avec lesquels elles s'articulent (l'élément post-synaptique).

2.Méthodes de stimulation et de section :

- **Expérience de stimulation :** Chez l'animal, on applique des stimuli au niveau des cordons de la substance blanche. On observe :
  - Au niveau des cordons postérieurs : Des réactions douloureuses.
  - Au niveau des cordons latéraux : Des réponses motrices et végétatives.
  - Au niveau des cordons antérieurs : Aucune réaction douloureuse.

- **Expériences de sections :** On observe :
  - En cas de section des cordons postérieurs :L'animal ne présente aucune paralysie mais des troubles de la coordination des mouvements (Sensibilité profonde).

  - En cas d'une hémisection de la moelle : L'animal présente un syndrome de Brown-Séquard expérimental. C'est-à-dire :
    - **Du côté sectionné :**
      - Perte de la sensibilité tactile discriminative.
      - Perte de la sensibilité proprioceptive (Sens de position des membres et sens de déplacement).
      - Paralysie.
    - **Du côté opposé à la section :**Perte de la sensibilité thermique et de la sensibilité douloureuse (Thermo-analgésie).
    -



3.Méthodes de traçage des voies nerveuses :

Un traceur neuronal est une substance chimique qui indique le chemin des axones pour illustrer la connexion dans le système nerveux. On a des traceurs antérogrades et des traceurs rétrogrades et des traceurs capables à la fois d'un transport antérograde et rétrograde. Parmi eux on distingue :

- **Méthode HRP (*Horseradish peroxydase* ou *peroxydase de raifort*) :** Traceur rétrograde, absorbé par les axones au site d'injection et transporté vers l'amont jusqu'au corps cellulaire. Il permet de localiser l'origine de la voie.
- **Méthode auto-radiographique :**L'élément utilisé est un acide aminé radioactif, injecté au niveau du corps cellulaire et transporté de façon antérograde dans l'axone jusqu'aux terminaisons. La visualisation du traceur se fait par autoradiographie.
- **Toxines :** Le fragment C de la toxine du tétanos (TTC).
- **Virus :** Virus pseudorabique (PRV), Herpex simplex virus (HSV).

4/ Voies ascendantes :

1.Introduction :

En règle générale, les informations somesthésiques cheminent dans trois grandes voies, chacune étant représentée des deux cotés de la moelle épinière. Deux de ces voies (la voie spinothalamique et la voie du cordon dorsal et lémnisque médial) transmettent les influx au cortex somesthésique, ou ces derniers déterminent le toucher discriminent (épicritique) et la proprioception consciente (sensibilité profonde). Les deux voies croisent la ligne médiane, la première dans la moelle épinière et la deuxième dans le bulbe rachidien.

La troisième voie, composée des tractus spino-cérébelleux, mène au cervelet et, de ce fait, ne contribue pas à la sensibilité sensorielle consciente (sensibilité inconsciente).



Remarque : Pour des raisons de terminologie fonctionnelle et clinique, il est commode de classer ces différentes sensibilités, en fonction de leur trajet dans le névraxe.

Les unes montent dans les cordons dorsaux de la moelle, puis atteignent le tronc cérébral, et se groupent pour former un tractus sensitif appelé LEMNISCUS, constituants le système des sensibilités lemniscales.>> cordons postérieurs

Les autres montent dans le cordon latéral de la moelle, situées en dehors du lemniscus. Elles constituent le système des sensibilités extra-lemniscales.>> spinothalamiques (le paléo-spino)

Enfin, un dernier groupe de sensibilité se rapporte à la sensibilité proprioceptive inconsciente. Leur trajet va de la moelle épinière au cervelet. Elles sont appelées sensibilités spinocérébelleuses.

Décussation : passage des neurofibres d'un coté du SNC à l'autre (croisent la ligne médiane) en un point spécifique de leur trajectoire.
Somatotopie : la plupart des fx et tractus sont somatotopiques, c'est-à-dire que leur emplacement dans l'espace (les cordons de la ME) reflète l'organisation du corps. Dans un fx ascendant par ex, les neurofibres qui transmettent les influx provenant des récepteurs sensoriels des parties supérieures du corps sont situées à coté de celles qui véhiculent les informations en provenance des parties inférieures.

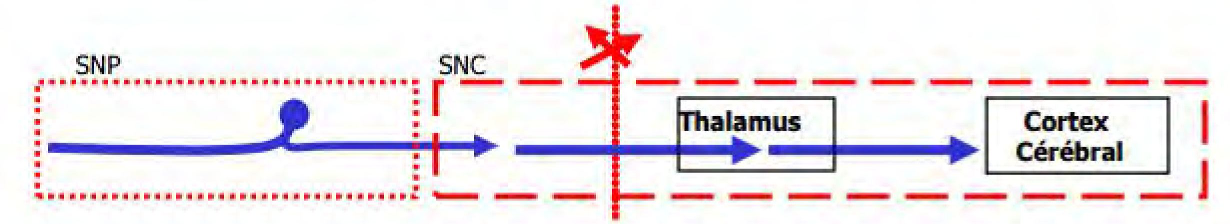
Organisation générale :

Les voies sensitives ascendantes, sensitives, montent dans la moelle les unes vers le cervelet, les autres vers le cerveau. Elles sont formées d'une chaîne de 3 neurones successifs. Dans le cas des voies lemniscales et extra - lemniscales :

- **Le premier neurone (*Protoneurone*) :**Il fait suite à un corpuscule récepteur sensitif situé dans la peau, dans les muscles, dans les tendons, les capsules et les ligaments articulaires. Chaque type de sensibilité possède ses corpuscules spécifiques. Le protoneurone se situe dans les troncs nerveux périphériques, puis dans la racine dorsale du nerf spinal. Le corps cellulaire du neurone (qui est une cellule en T) est placé dans le ganglion spinal de la racine dorsale.
  Son axone pénètre dans la moelle, s'articulant avec le corps du deuxième neurone situé dans les noyaux sensitifs de la corne dorsale.

- **Le second neurone (*Deutoneurone*) :**Il est situé entièrement dans le névraxe. C'est lui qui constitue les faisceaux sensitifs qui montent dans la moelle. Les faisceaux de deutoneurones sensitifs montent les uns vers le cervelet (voies spinocérébelleuses), les autres vers les noyaux gris centraux du cerveau (voies lemniscales et extra-lemniscales).
  Le deutoneurone se termine dans des noyaux gris centraux dont le principal est le thalamus situé dans la partie profonde du cerveau.

- **Le troisième neurone (*Neurone terminal*) :**Il s'articule avec le précédent dans le thalamus et se termine dans l'écorce sensitive du cerveau. C'est le neurone de projection corticale.



2.Faisceaux responsables de la somesthésie :

Le terme de « Sensibilité somesthésique générale » désigne les sensations conscientes éveillées par la stimulation des tissus du corps, sensations qui ne sont ni visuelles, ni auditives, ni gustatives, ni olfactives.

Elles sont provoquées par l'excitation de terminaisons nerveuses réceptrices de types variés, localisées dans le revêtement cutané et divers tissus plus profondément situés : conjonctif viscéral, capsules et ligaments articulaires… Ces récepteurs sont sensibles à un certain nombre de stimulants spécifiques : mécanique, thermique, douloureux.

On distinguera donc au sein de la somesthésie les sensibilités tactile, thermique et douloureuse, ainsi que la kinesthésie consciente, qui provient des articulations et fournit au sujet des indications sur les positions et les déplacements des différents segments corporels dans l'espace.

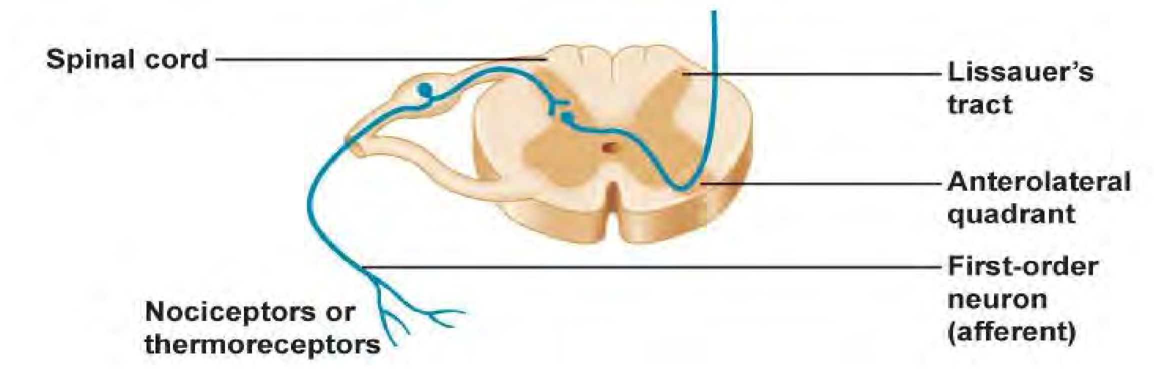
Parmi les faisceaux responsables de la somesthésie, on distingue

- **Les faisceaux des cordons postérieurs:** Composé :
  - Les faisceaux de Goll et Burdach (*faisceaux Cunéiforme et Gracile*) :Ces faisceaux assurent la sensibilité extéroceptive épicritique (tact fin, très différencié) et la sensibilité proprioceptive consciente non douloureuse.

    Leurs protoneurones, dont les corps cellulaires sont situés dans les ganglions rachidiens, se dirigent vers la moelle dans les troncs nerveux périphériques. Ils montent directement dans la substance blanche des cordons dorsaux ipsilatéraux (du même côté) en formant les faisceaux gracile et cunéiforme.
    Plus haut, dans le bulbe rachidien, les fibres nerveuses des deutoneurones sensitifs croisent la ligne médiane (décussation sensitive) et sont groupées en faisceau rubané, le lemnisque médian, et se dirigent vers le thalamus, ou ils font synapse au niveau du noyau ventro-latéral postérieur.
    Les neurones terminaux quant à eux se dirigent vers le cortex somesthésique ou ils se terminent au niveau des noyaux cunéiformes et graciles.

  - Les fibres post-synaptiques des colonnes dorsales : Celles-ci naissent neurones des cornes dorsales, et peuvent transmettre des influx nociceptifs.
  - Le faisceau cunéo-cérébelleux.
  - Le faisceau spino-olivaire postérieur.
  - Le faisceau spino-cervical.

- **Les faisceaux spinothalamiques :** On distingue deux parties dans ce faisceau spinothalamique, mais leurs deutoneurones démarrent pour les deux de la corne dorsale de la moelle spinale, croisent la ligne médiane en passant par la commissure antérieure en direction des cordons antéro-latéraux controlatéraux.



On distingue :

- Le faisceau spinothalamique ventral (*Paléo-spinothalamique*) : Responsable de la sensibilité tactile grossière (Tact protopathique). Il se termine au niveau des noyaux intralaminaires du thalamus. (extra-lemniscal)
- Le faisceau spinothalamique dorsal (*Néo-spinothalamique*) :Responsable de la sensibilité thermo-analgésique, il rejoint le système lemniscal pour se terminer au niveau du noyau ventro-postéro latéral.

- **Le faisceau spino-cervico-thalamique :**Les cellules d'origine sont localisées dans les couches IV et V. la voie ascendante est homolatérale. Ce faisceau s'observe chez le singe, mais pourrait être inconstante chez l'homme.
- **Le faisceau spino-réticulé :**Celui-ci a la même origine que le faisceau spinothalamique, mais se termine au niveau de la **formation réticulée** du tronc cérébral, du côté ipsilatéral et aussi controlatéral. Il a pour rôle de véhiculer les informations nociceptives vers la formation réticulée du tronc cérébral.

3.Faisceaux responsables de la sensibilité inconsciente :

Ces voies transportent vers le cervelet les sensibilités proprioceptives inconscientes c'est à dire la sensibilité à la tension des muscles et des tendons musculaires, enregistrés principalement grâce aux fuseaux neuromusculaires et aux organes neuro-tendineux de Golgi. On distingue :

- **Les faisceaux spinocérébelleux :** Il assure la coordination de la posture des mouvements des membres. On distingue :
  - Le faisceau spinocérébelleux directe ou postérieur (*Faisceau de Fleschig*) : Les deutoneurones, qui naissent du noyau de Clarke, gagnent le cordon dorso-latéral ipsilatéral, puis montent tout au long de la moelle et du tronc cérébral, vers le cervelet pour se terminer dans le cortex cérébelleux de façon bilatéral (Mais principalement du côté ipsilatéral).
  - Le faisceau spinocérébelleux croisé ou antérieur (*De Gowers*) : Les deutoneurones qui naissent des partie latérale des couches V et VII croisent la ligne médiane, gagnent le cordon antéro-latéral controlatéral et montent dans la moelle vers le cervelet pour se terminer dans le cortex cérébelleux de façon bilatéral (Mais principalement du côté ipsilatéralpar rapport à l'origine).

- **Les faisceaux spino-olivaires :** Ce sont des voies spinocérébelleuses indirectes.
- **Le faisceau spino-tectal :** Il se termine dans le colliculus supérieur, structure sous-corticale bilatérale, située sur le toit du mésencéphale.

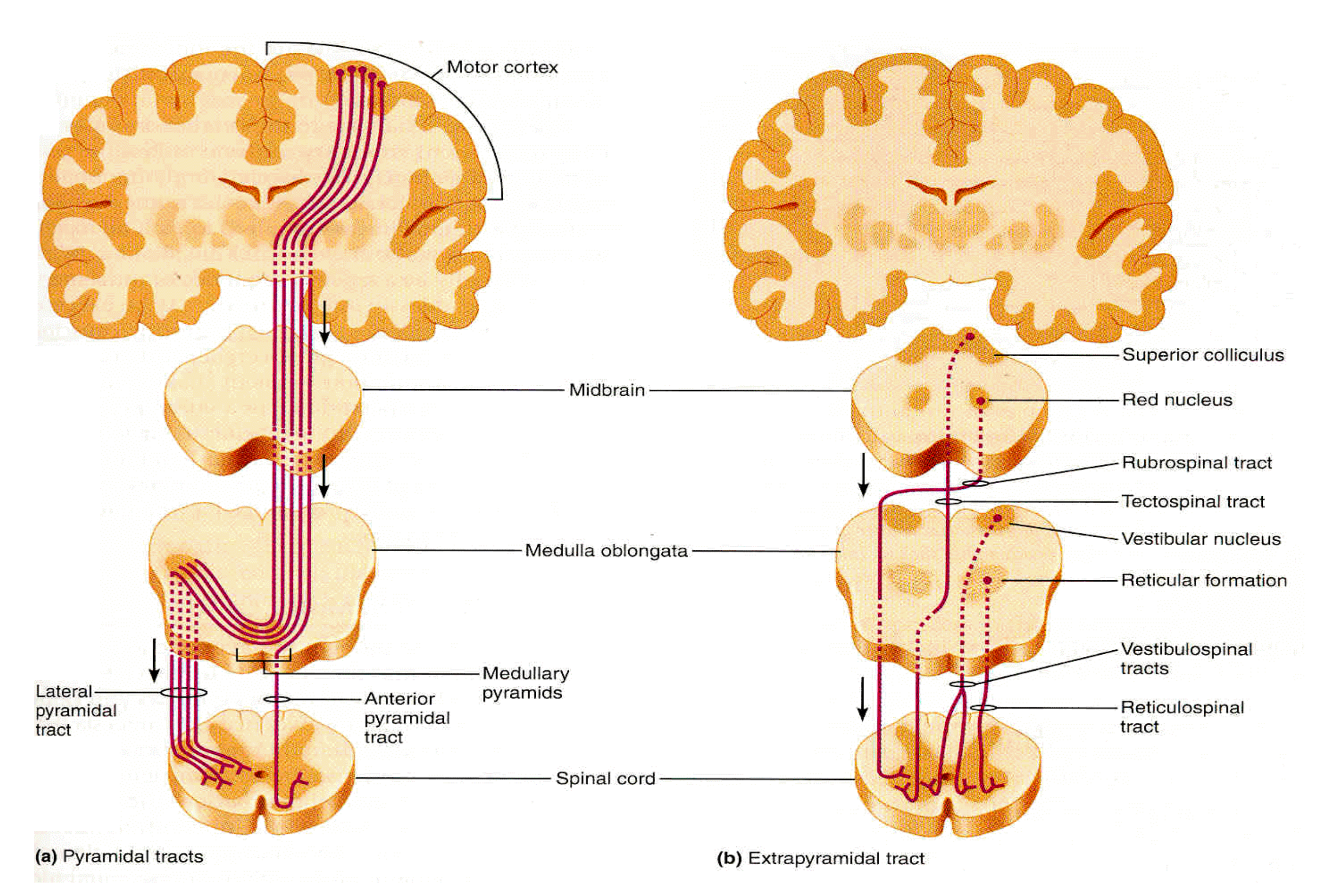
Remarque : D'autres faisceaux se projettent sur le mésencéphale, lesystème limbique, et l'hypothalamus.

5/ Voies descendantes :

1.Introduction :

Les fibres descendantes, motrices, peuvent être classées en deux catégories :

- **Tractus de la voie motrice principale :** Monosynaptiques, elle est présente dans le faisceau pyramidal (Origine située au niveau cortical, responsable de la motricité volontaire). Elle est constituée par une chaîne de deux neurones : Le premier neurone est le neurone central, au trajet strictement cortico-spinal. Le deuxième neurone est le motoneurone de la corne ventrale ou motoneurone périphérique dont l'axone forme les fibres nerveuses motrices des racines spinales et des nerfs périphériques.
- **Tractus de la voie motrice secondaire :** Voies neurologiques motrices indirectes, polysynaptiques, constituant le système des **voies motrices extrapyramidales, c'est-à-dire** issues pour la plupart de noyaux tels que : noyau vestibulaire, noyau rouge… Cependant, cette la voie extrapyramidal émet des collatérales rejoignant le système pyramidale.



(a) Pyramidal tracts (b) Extrapyramidal tract

2.Les faisceaux latéraux :

- **Le faisceau cortico-spinal latéral :** Celui-ci prend naissance du cortex moteur (Fait partie du système pyramidal). 80% de ses fibres décussent (Passent du côté controlatéral) au niveau du bulbe, participant à la formation du **faisceau pyramidal croisé**, pour se terminer au du cordon dorso-latéral la moelle épinière. Les fibres restantes participent à la formation du **faisceau pyramidal directe**.
  Il assure les mouvements segmentaires distaux des membres.

- **Le faisceau rubro-spinal :** Celui-ci prend naissance au niveau du noyau rouge et décusse dès sa naissance pour se placer dans la moelle en position latérale en avant du faisceau cortico-spinal. Il assure le tonus musculaire et les réflexes segmentaires des membres supérieurs.

3.Les faisceaux médians :

- **Le faisceau cortico-spinal ventral :** Il prend pour origine le cortex moteur, traverse le bulbe et rejoint la moelle pour former le faisceau pyramidal directe. Il croise la ligne médiane dans la moelle juste avant de faire synapse, pour passer du côté contro-latéral. Il assure le contrôle des muscles axiaux.

Et des fx provenant du tronc cérébral :

- **Les faisceaux réticulo-spinaux :** Ils assurent les mouvements volontaires et les réflexes segmentaires, en plus de moduler l'activité des motoneurones gamma. On distingue :
  - Le faisceau réticulé-spinal pontine : Il prend pour origine la formation réticulée du tronc cérébral pontique, puis ses fibres se dirigent le prolongement du faisceau longitudinal médian. Ses effets sont facilitateurs.
  - Le faisceau réticulé-spinal bulbaire : Latéral, il prend pour origine la formation réticulée du tronc cérébral bulbaire. Ses effets sont inhibiteurs.
- **Les faisceaux vestibulo-spinaux :** Il prend pour origine les noyaux vestibulaires du tronc cérébral. On distingue :
  - Le faisceau vestibulo-spinal latéral : Nait du noyau vestibulaire latéral situé dorso-latéralement dans le pont. Ses fibres, d'abord situées dorsalement et latéralement dans le tronc cérébral, adoptent une position de plus en plus ventrale et médiale pour finalement descendre dans la partie latérale du cordon ventrale de la moelle épinière. Il assure le contrôle postural cinétique.
  - Le faisceau vestibulo-spinal médian : Il nait du noyau vestibulaire médial, situé dorsalement dans le pont, mais aussi des noyaux vestibulaires supérieur et latéral. Ses fibres cheminent tout près de la ligne médiane, et sont dans le prolongement du faisceau longitudinal médial. Il assure contrôle labyrinthique des mouvements de la tête.

Remarque : Le faisceau longitudinal médian est un tractus auquel participent de nombreux noyaux et qui jouent un rôle prépondérant dans le contrôle des mouvements oculaires.

- **Le faisceau tecto-spinal :** Il nait du colliculus supérieur, et joue un rôle dans le mouvement controlatéral de la tête en réponse à des stimuli visuels, auditifs ou somesthésique.
- **Le faisceau olivo-spinal :** Il provient de l'olive bulbaire.

4.Autres voies

Il existe d'autres voies descendantes, issues :

- Des noyaux coeruleus et subcoeruleus de la région pontique.
- Des noyaux du raphé bulbaire.
- Il existe aussi des voies descendantes dopaminergiques ou adrénergiques

6/ Données anatomo-cliniques :

1.Section totale de la moelle :

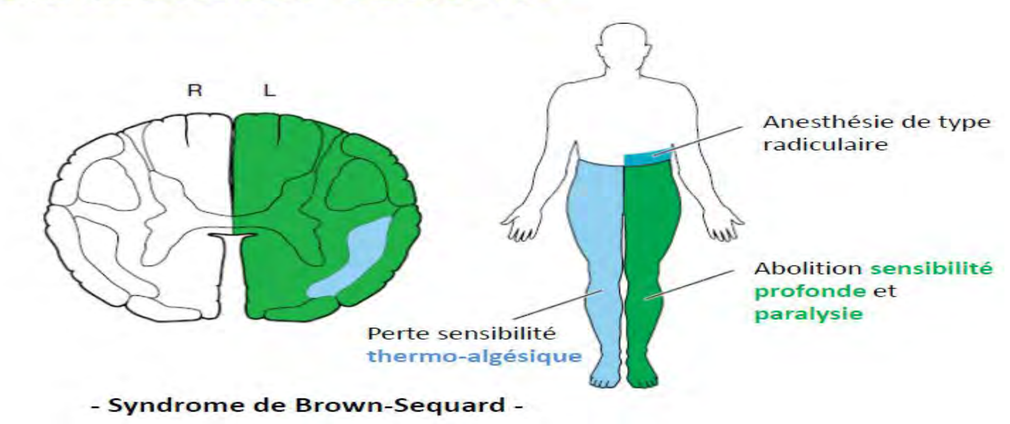
On observe au niveau des segments sous-jacents à la section :

- **Une perte de toutes les sensibilités :** Toutes les voies sensitives ascendantes sont interrompues.
- **Une perte de la motricité (*Paralysie complète*) :**Toutes les voies motrices descendantes sont interrompues.

2.Hémisection de la moelle épinière : Syndrome de BROWN-SEQUARD

Aux des segments sous-jacents on observe :

- **Du coté homolatéral :**
  - Perte de la sensibilité tactile discriminative et de la sensibilité proprioceptive : Lésion des faisceaux de la colonne dorsale.
  - Paralysie : Due à la lésion du faisceau pyramidal croisé.
- **Du coté controlatéral :**
  - Thermo-analgésie : Due à la lésion des faisceaux spinothalamiques.

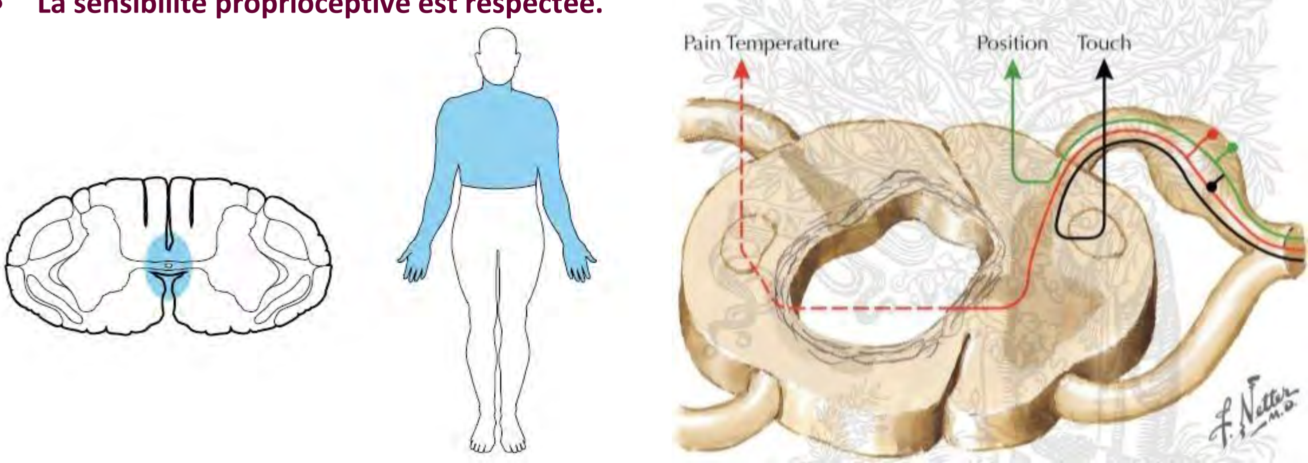


3.Lésion centro-médullaire : Syndrome de SYRINGOMYELIE



Déficit sensitif suspendu dissocié du fait d'une atteinte commissurale :

- **Atteinte de la sensibilité thermique et de la sensibilité douloureuse localisée aux segments lésés :** Atteinte des faisceaux spinothalamiques.
- **La sensibilité proprioceptive est respectée.**



4.Lésion des cordons postérieurs : Maladie de TABES

On remarque une perte de la sensibilité tactile discriminative et de la sensibilité proprioceptive (sens de position des membres et de la kinesthesie) du côté de la lésion, du fait de l'atteinte des faisceaux postérieurs.